

## بررسی اثر جایگزینی ساکارز با مخلوط سوکرالوز - مالتودکسترین بر خواص رئولوژیکی و میزان کالری شیرینی سنتی قطاب

امیرپویا قندهاری یزدی<sup>۱\*</sup>، محمد حجت الاسلامی<sup>۲</sup>، جواد کرامت<sup>۳</sup>، مهشید جهادی<sup>۴</sup>

۱. دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهرکرد
۲. استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهرکرد
۳. دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان
۴. استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان (اصفهان)

(تاریخ دریافت: 92/8/5، تاریخ پذیرش: 92/8/19)

### چکیده

قطاب یکی از شیرینی‌های سنتی یزد است که به دلیل میزان ساکارز و کالری بالایی که دارد مصرف آن برای افراد مبتلا به چاقی و دیابت محدودیت دارد. در این تحقیق امکان تولید شیرینی سنتی قطاب توسط جایگزینی با مخلوط سوکرالوز - مالتودکسترین مورد بررسی قرار گرفت و تأثیر جایگزینی شکر در نسبت‌های 0، 25، 50، 75 و 100 درصد توسط مخلوط کم کالری سوکرالوز - مالتودکسترین بر ویژگی‌های سختی، میزان کالری، رنگ و خصوصیات حسی در یک طرح کاملاً تصادفی مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که جایگزینی شکر توسط مخلوط سوکرالوز - مالتودکسترین باعث کاهش میزان سختی بافت می‌شود ( $p \leq 0/05$ ). میزان سختی بافت شیرینی سنتی قطاب طی 30 روز نگهداری به طور معنی‌داری افزایش می‌یابد، اما تغییرات سختی قطاب در این بازه زمانی با افزایش میزان جایگزینی شکر کاهش می‌یابد. بررسی رنگ نشان داد با افزایش درصد جایگزینی شکر توسط مخلوط سوکرالوز - مالتودکسترین به طور معنی‌داری اندیس قهوه‌ای شدن کاهش یافت ( $p \leq 0/05$ ). بررسی ارزیابی حسی نشان‌دهنده آن است که با افزایش میزان جایگزینی در سطوح 75 و 100٪ از میزان شیرینی به طور معنی‌داری کاسته شده است، اما بررسی ویژگی‌های بافتی و ارزیابی حسی شیرینی سنتی قطاب نشان داد که جایگزینی شکر توسط مخلوط سوکرالوز - مالتودکسترین به میزان 50٪ درصد انتخاب مناسبی جهت تولید شیرینی کم کالری قطاب می‌باشد. در چنین شرایطی میزان کالری شیرینی سنتی قطاب به میزان 2 درصد نسبت به نمونه شاهد کاهش یافته است؛ ضمن آن که بین تیمار 50٪ سوکرالوز - مالتودکسترین و نمونه شاهد از نظر ویژگی‌های حسی اختلاف آماری معنی‌داری وجود ندارد.

واژه‌های کلیدی: قطاب، سوکرالوز، مالتودکسترین، رژیم، ویژگی کیفی.

## 1- مقدمه

چاقی اختلال پیچیده‌ای است که علل ژنتیکی و محیطی دارد. عوامل ژنتیکی به تنهایی نمی‌توانند توجیه‌کننده همه‌گیر شدن پدیده چاقی باشند، با این وجود علل ژنتیکی، فرد را مستعد ابتلا به چاقی می‌کنند. افزایش شیوع چاقی در کشورهای خاورمیانه از جمله ایران ناشی از تغییرات سریع در شیوه زندگی، بی‌حرکی بیش‌تر، کاهش فعالیت بدنی و افزایش مصرف غذاهای غنی از چربی اشباع و قندها می‌باشد [1]. در سال‌های اخیر جایگزینی شیرین‌کننده‌های سنتزی، غیرسمی با شیرینی بیش‌تر از ساکارز مانند آسولفام، آسپارتام و سوکرالوز جهت کاهش کالری محصول‌های مختلف مورد توجه قرار گرفته‌است. این ترکیبات توسط سازمان بهداشت جهانی به‌عنوان یک ترکیب ایمن<sup>1</sup> شناخته شده‌است [2]. در آغاز سال 1998، سازمان غذا و داروی آمریکا، پس از ارزیابی 110 مطالعه انجام شده روی حیوانات و انسان، سوکرالوز را به‌عنوان یک افزودنی غذایی برای استفاده در 15 گونه از غذاها و نوشابه‌ها تصویب کرد. در سال 1999، تأییدیه سوکرالوز به‌عنوان یک شیرین‌کننده برای استفاده عمومی در تمام غذاها، نوشابه‌های معمولی، مکمل‌های ویتامینی رژیمی، رژیم‌های غذایی پزشکی، غذاهای پخته‌شده و صنایع آرد گسترش یافت [3]. سوکرالوز، یک دی‌ساکارید جایگزین و یک شیرین‌کننده غیرمغذی است که توسط کلره‌کردن انتخابی ساکارز در سه گروه هیدروکسیل اولیه تولید می‌شود و شامل وارونگی ترتیب کربن 4، از گلوکز به گالاکتوز است [4]. این ترکیب، شیرین‌کننده مصنوعی است که حدود 600-650 بار شیرین‌تر از ساکارز است [5]. احتمال دارد این موضوع به خاطر خاصیت هیدروفوبیستی بیش‌تر سوکرالوز نسبت به ساکارز باشد [6]. امروزه مشتقات اصلاح‌شده نشاسته، کاربردهای گسترده‌ای در صنعت مواد غذایی یافته‌است. مالتودکسترین پلیمری از ساکاریدهای فاقد طعم شیرین می‌باشد که اکی‌والان دکستروز آن کم‌تر از 20 است و شامل مخلوطی از ترکیبات با وزن مولکولی بین پلی‌ساکاریدها و الیگوساکاریدها است. این ترکیب به‌صورت پودرهای سفید رنگ یا شربت‌های غلیظ در دسترس می‌باشد. ماده خام اصلی که به‌صورت گسترده‌ای در تولید مالتودکسترین مورد استفاده قرار می‌گیرد نشاسته ذرت است [7].

I. Generally Recognized AS Safe

کروناکیس [8]، دوکیک و همکاران [9]، اظهار داشتند مالتودکسترین در مقایسه با نشاسته خام حلالیت بیش‌تری در آب دارد و محلول آن فاقد طعم و رنگ است؛ ضمن آن که نسبت به اکثر هیدروکلونیدهای خوراکی مورد مصرف، ارزان‌تر می‌باشد؛ هم‌چنین از این ترکیب به‌عنوان یک افزودنی غذایی با هدف بهبود خواص ژل‌کنندگی، قوام‌دهندگی، ایجاد بافت، افزایش ویسکوزیته، کاهش دمای تبدیل فاز، افزایش مقاومت به دمای بالا، افزایش میزان ماده خشک، ممانعت از کریستالیزاسیون و کنترل دمای انجماد استفاده می‌شود. در سال‌های اخیر تلاش بسیاری برای تولید محصولات غله‌ای کم کالری انجام شده‌است. مارتینز<sup>1</sup> و همکارانش در سال 2012 در بررسی اثر جایگزینی شکر توسط سوکرالوز و پلی‌دکستروز بر خواص رئولوژیکی و حسی مافین نشان دادند که نمونه‌های مافین با 50 درصد جایگزینی شکر به لحاظ ویژگی‌های ظاهر، رنگ، بافت و طعم شبیه نمونه شاهد بودند. اما نمونه‌هایی که در آن ساکارز به‌طور کامل به‌وسیله مخلوط سوکرالوز - مالتودکسترین جایگزین شده بودند از نظر مصرف‌کنندگان قابل پذیرش نبودند [10]. در سال 2005، لین<sup>2</sup> و همکارانش نشان دادند که با جایگزینی شکر در سطح 80٪ با مخلوط سوکرالوز - دکسترین در کیک چیفون، مغز کیک سخت‌تر می‌شود و مقبولیت کلی از نظر مصرف‌کنندگان به‌طور معنی‌داری کاهش می‌یابد [11]. ساویتا<sup>3</sup> و همکارانش در سال 2009 به بررسی تأثیر جایگزینی ساکارز با سوکرالوز - مالتودکسترین بر خواص رئولوژیکی خمیر و کیفیت بیسکویت حاصل از آن پرداختند. نتایج حاصل از این تحقیق نشان می‌دهد، می‌توان 30 درصد شکر در فرمولاسیون بیسکویت را توسط مخلوط سوکرالوز - مالتودکسترین جایگزین کرد. خواص کیفی بیسکویت‌های کم کالری قابل مقایسه و مشابه با بیسکویت‌های معمولی است و شیرینی آن قابل قبول می‌باشد [4]. تاکنون پژوهشی بر روی تولید محصولات سنتی غله‌ای کم کالری در ایران صورت نگرفته است. با توجه به مصرف بالای شیرینی در ایران و با ذکر این نکته که شیرینی، حاوی مقدار زیادی ساکارز است و ساکارز علاوه بر ایجاد طعم شیرین، خصوصیات کاربردی فراوانی را در فرآورده‌های نانوائی

1. Martinez

2. Lin

3. Savitha

روغن و ماست با یکدیگر مخلوط شدند؛ سپس آرد به تدریج اضافه شد، پس از آن به مدت 1 ساعت در دمای 24 درجه سانتی‌گراد خمیر به دست آمده نگه‌داشته شد تا خمیر ورزیابد. مواد داخل قطاب (بادام و هل) درون خمیر قرار داده شد و در نهایت در پاتیل روغن سرخ شدند. برای تهیه سایر تیمارهای فرمولاسیون، ساکارز با مخلوط سوکرالوز - مالتودکسترین در چهار سطح 25، 50، 75 و 100٪ مطابق با جدول 1 جایگزین شد (میزان شیرینی سوکرالوز 600 برابر در نظر گرفته شد) و بقیه ترکیبات ثابت در نظر گرفته شدند. برای یکسان‌سازی میزان سوکرالوز - مالتودکسترین از رابطه 1 استفاده شد که در آن  $A = \text{درصد جایگزینی} \left( \frac{25}{100} ; \frac{50}{100} ; \dots \right)$ ، 600 (شیرینی سوکرالوز نسبت به ساکارز)، 125 (میزان ساکارز نمونه شاهد) می‌باشد. کلیه مراحل تولید برای تیمارهای رژیمی همانند نمونه شاهد می‌باشد.

$$(1) \quad \text{میزان مالتودکسترین} = \frac{125 \times A}{600} - 125$$

### 2-3 آزمون ارزیابی بافت

آزمایش نفوذ مربوط به بافت شیرینی سنتی قطاب با استفاده از دستگاه بافت‌سنج<sup>1</sup> (Brookfield Engineering middle base, CT3-4500, USA) طی 1 ماه دوره انبارداری (روز 0 و 30) انجام گرفت. به طوری که سرعت پروب 0/5 میلی‌متر بر ثانیه، قطر نفوذ 10 میلی‌متر و از پروب TA44 استفاده شد.

### 2-4 ارزیابی رنگ

برای بررسی رنگ ابتدا به منظور فراهم کردن شرایط ثابت و یکنواخت نمونه‌ها در جعبه‌ای قرار داده شدند که دیواره داخلی آن به طور کامل سفید رنگ بود. جهت تأمین نور لازم برای گرفتن عکس از دو لامپ 18 وات استفاده شد که دارای زاویه‌ی تابش 30 درجه نسبت به نمونه‌ها بودند، سپس به وسیله‌ی دوربین Canon مدل IXUS130 از تیمارها تصویرگیری شد. فاصله دوربین از نمونه‌ها 30 سانتی‌متر بود. سپس برای هر تصویر ده نقطه به طور تصادفی انتخاب شد و به وسیله نرم‌افزار Image Processing مؤلفه‌های RGB<sup>2</sup> تبدیل به مؤلفه‌های  $a^*$ ،  $b^*$  و  $L^*$  شدند. در اکثر موارد در پژوهش‌های صنایع غذایی

ایجاد می‌کند، به دست آوردن فرمولاسیون‌های رژیمی توسط جایگزینی شکر با شیرین‌کننده‌های ایمن کم‌کالری برای این دسته از مواد غذایی امری ضروری به‌شمار می‌رود. شیرینی سنتی قطاب که روزی سوغات منحصر به فرد استان یزد بود، امروزه در سراسر ایران و حتی بازارهای جهانی به‌عنوان محصول سنتی ایران شناخته شده‌است. بر طبق استاندارد ملی ایران شماره 3629، این فراورده از دو بخش پوسته (خارجی) و مغز (داخلی) تشکیل شده‌است و اجزای اصلی پوسته آن آرد، روغن و زرده تخم مرغ است و قسمت داخلی شامل مغز بادام همراه با ساکارز و ادویه معطر از جمله هل می‌باشد. قطاب را به‌طور معمول به روش اجاق‌کاری تهیه می‌کنند، یعنی عمل پخت آن با استفاده از حرارت مستقیم روغن در ظرف‌هایی مانند تابه یا پاتیل انجام می‌گیرد. ایجاد کیفیت مناسب در محصولات رژیمی، بدون استفاده از خواص کاربردی ساکارز دشوار است [12]. با توجه به علاقه مصرف‌کننده ایرانی به این شیرینی و تمایل تولیدکنندگان برای صادرات شیرینی سنتی قطاب، تلاش در جهت کاهش کالری این فراورده می‌تواند با ایجاد تنوع در محصول، طیف وسیع‌تری از مصرف‌کنندگان داخلی و خارجی را معطوف خود سازد. لذا بررسی جایگزینی قند ساکارز با استفاده از مخلوط سوکرالوز - مالتودکسترین، بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی شیرینی سنتی قطاب و تعیین مناسب‌ترین فرمولاسیون، می‌تواند تولیدکنندگان ایرانی را برای اولین بار به این مهم سوق دهد.

### 2- مواد و روش‌ها

#### 2-1 مواد اولیه

تخم مرغ، روغن، بیکنینگ پودر، هل، ماست، آرد و بادام از فروشگاه‌های مواد غذایی خریداری شد. سوکرالوز مورد استفاده از شرکت بنئو (آلمان) و مالتو دکسترین مورد استفاده از شرکت پوران پودر سپاهان (ایران) خریداری شد.

#### 2-2 تهیه قطاب

آماده‌سازی نمونه شاهد شیرینی سنتی قطاب بر طبق استاندارد ملی ایران با روش اجاق‌کاری و طبق فرمولاسیون جدول 1 صورت گرفت. ابتدا بیکنینگ پودر، زرده تخم مرغ،

1. Texture analyzer

2. Red, Green, Blue

احتراق نمونه می‌شود. میزان حرارت حاصل از سوخته شدن نمونه از طریق سنسور حرارتی به گالوانومتر منتقل می‌شود. انرژی حاصله از طریق فرمول (5) محاسبه می‌شود.

$$E = \frac{466/54 \cdot (D - 0/1)}{C} \quad (5)$$

که در آن :

C: وزن نمونه

D: عدد گالوانومتر

0/1: انرژی حاصل از سوختن فیتیله

466/54: انرژی حاصل از سوختن اسید بنزویک.

از فضای رنگی  $L^*, a^*, b^*$  استفاده می‌شود. پس از به دست آوردن مولفه‌های رنگی  $L^*, a^*, b^*$  توسط رابطه (2) تغییرات رنگ و به‌وسیله رابطه (3) اندیس قهوه ای شدن محاسبه شد [13].

$$E = [(L^* - L^*_0)^2 + (a^* - a^*_0)^2 + (b^* - b^*_0)^2]^{0.5} \quad (2)$$

$$BI = \frac{100 \times (X - 0.31)}{0.17} \quad (3)$$

$$X = \frac{(a + 1.75 \times L)}{(5.645 \times L + a - 3.012 \times b)} \quad (4)$$

## 2-7 آنالیز آماری

کلیه آزمایش‌ها در سه تکرار و در قالب طرح کاملاً تصادفی مورد بررسی قرار گرفتند. برای بررسی وجود اختلاف معنی‌دار در سطح اطمینان 95 درصد از آزمون ال، اس، دی<sup>1</sup> استفاده شد. به‌همین منظور آنالیز آماری با استفاده از نرم‌افزار SAS9 و رسم نمودارها توسط نرم‌افزار Excel 2007 انجام پذیرفت. مقایسه تأثیر جایگزینی شکر توسط مخلوط سوکرالوز - مالتودکسترین بر ویژگی بافت شیرینی قطاب و مقایسه آن با نمونه شاهد در مدت انبارگذاری، از روش تجزیه واریانس با استفاده از طرح آزمون کرت‌های خرد شده در زمان<sup>2</sup> در قالب یک طرح کاملاً تصادفی با استفاده از مدل خطی عام<sup>3</sup> توسط نرم‌افزار SAS9 انجام گرفت. به این ترتیب اثر متغیرهای تیمار و زمان و برهم‌کنش آن‌ها توسط آنالیز واریانس با استفاده از خطای استاندارد مناسب مورد آزمون قرار گرفت.

## 3- نتایج

### 3-1 ارزیابی بافت تیمارها

در واقع با آزمون نفوذ، میزان نیروی مورد نیاز برای وار کردن یک سنبه یا میله داخل ماده غذایی، اندازه‌گیری می‌شود. سختی بافت نسبت مستقیمی با بزرگی نیروی لازم دارد [14] با توجه به شکل 1 با افزایش میزان جایگزینی ساکارز توسط مخلوط

## 2-5 بررسی خصوصیات حسی

برای بررسی ویژگی‌های حسی از آزمون امتیازدهی شدت یک ویژگی استفاده شد. ارزیابی حسی با استفاده از 6 داور متخصص در زمینه طعم و بافت شیرینی سنتی قطاب انجام پذیرفت. به طوری که 5 نمونه شیرینی سنتی قطاب در ظروف قرار داده شد و هر ظرف با کدهای سه رقمی تصادفی شماره‌گذاری گردید. جهت شستشوی دهان در فاصله صرف بین نمونه‌ها از آب مقطر با دمای محیط استفاده شد. نمونه‌های قطاب مصرف شده در چهار ویژگی شامل: وجود پس طعم (1= بدون وجود پس طعم، 5= پس طعم فوق‌العاده زیاد)، بافت (1= نرم فوق‌العاده زیاد، 8= سفت فوق‌العاده زیاد) شیرینی (1= بدون طعم شیرینی، 5 شیرینی فوق‌العاده زیاد) و مطلوبیت کلی (1= بد مزه فوق‌العاده زیاد، 8= خوش مزه فوق‌العاده زیاد) مورد بررسی قرار گرفت.

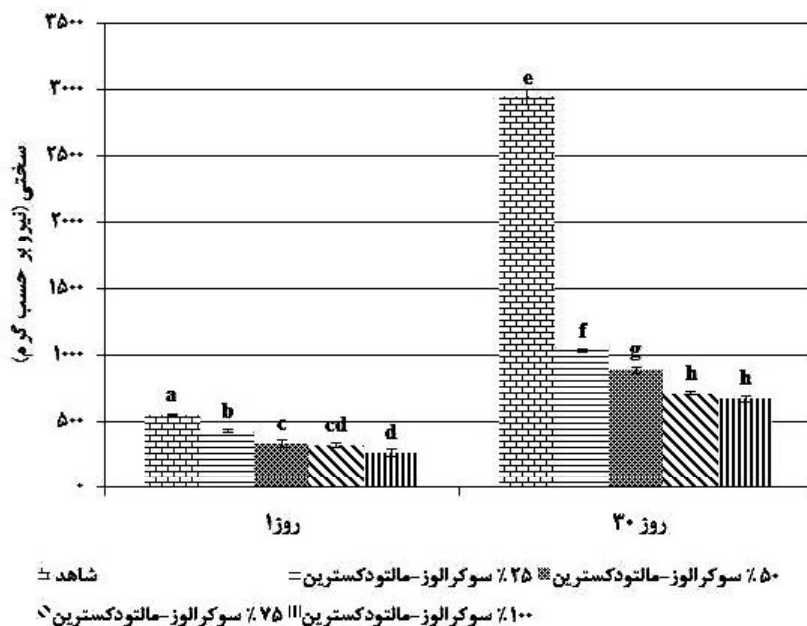
## 2-6 بررسی میزان کالری

ارزیابی کالری تیمارهای رژیمی قطاب و نمونه شاهد به‌وسیله‌ی بمب کالری‌متر (Gallenkamp Ballistic, UK) در 3 تکرار انجام گرفت. برای انجام این آزمون ابتدا نمونه‌ها را به‌طور کامل همگن کرده سپس به مدت 24 ساعت در آون قرار داده (به دلیل به دست آوردن انرژی خام 100٪ ماده خشک) در مرحله بعد، 0/5 گرم از نمونه مورد نظر را وزن و در محفظه مورد نظر قرار داده و شیر کپسول سوخت (اکسیژن) را باز کرده که باعث

1. LSD

2. Split plot in time

3. General linear model (GLM)



شکل (1) بررسی اثر جایگزینی ساکارز با مخلوط سوکرالوز - مالتودکسترین بر بافت تیمارهای رژیمی قطاب و نمونه شاهد در طول دوره انبارگذاری به مدت 30 روز در دمای 20 درجه سانتی گراد (اعدادی که حداقل یک حرف مشترک دارند، فاقد تفاوت آماری در سطح 95٪ می باشند).

جدول (1) فرمولاسیون تیمارهای قطاب کم کالری حاوی سوکرالوز - مالتودکسترین و نمونه شاهد

تیمار شاهد	100٪ سوکرالوز- مالتودکسترین	75٪ سوکرالوز- مالتودکسترین	50٪ سوکرالوز- مالتودکسترین	25٪ سوکرالوز- مالتودکسترین	مواد اولیه (گرم در 100 گرم آرد)
-	0/20	0/15	0/1	0/05	سوکرالوز
-	124/79	93/59	62/39	31/19	مالتودکسترین
125	-	31/25	62/5	93/75	ساکارز(خاک قند)
					زرده تخم مرغ
100	100	100	100	100	ماست
250	250	250	250	250	بادام چرخ شده
2	2	2	2	2	هل کوبیده
1	1	1	1	1	بیکینگ پودر
100	100	100	100	100	روغن

این که مالتودکسترین یک ماده جاذب کننده رطوبت می‌باشد از آزاد شدن آب و تبخیر آن تا حدی جلوگیری کرده که این امر منجر به نرم‌تر شدن تیمارهای حاوی مالتو دکسترین نسبت به نمونه شاهد شده است.

### 2-3 بررسی رنگ

با توجه به نقش ساکارز در ایجاد رنگ در محصولات غله‌ای، بررسی رنگ به دلیل جایگزینی ساکارز امری ضروری به شمار می‌آید. مولفه  $L^*$  معادل روشنایی تصویر که بین 0 معادل مشکی و 100 معادل انعکاس کامل نور است. مقادیر مثبت مولفه  $a^*$  معادل رنگ قرمز و مقادیر منفی معادل رنگ سبز است. مقادیر مثبت مولفه  $b^*$  معادل رنگ زرد و مقادیر منفی معادل رنگ آبی است. این سیستم رنگ عملکرد مشابه چشم انسان دارد و برخلاف فضاهای HSI و RGB متأثر از وسیله عکس برداری نمی‌باشد. در اکثر موارد در پژوهش‌های صنایع غذایی از این فضای رنگی ( $a^*$ ،  $L^*$  و  $b^*$ ) استفاده می‌شود [17]. همان‌طور که در جدول 2 مشاهده می‌شود با افزایش میزان جایگزینی ساکارز توسط مخلوط سوکرالوز - مالتودکسترین مقدار روشنایی ( $L^*$ ) به‌طور معنی‌داری افزایش پیدا کرده در حالی که مقدار قرمزی و زردی ( $a^*$  و  $b^*$ ) به‌طور معنی‌داری کاهش پیدا کرده است ( $p \leq 0/05$ ). افزایش روشنایی و کاهش قرمزی و زردی بر اندیس قهوه‌ای شدن تأثیر داشته و این مشخصه کاهش می‌یابد [17]، در نتیجه کم‌ترین میزان قهوه‌ای شدن در تیمار بدون ساکارز (100٪ سوکرالوز - مالتودکسترین) و بیش‌ترین مقدار آن در نمونه شاهد مشاهده می‌شود. بیش‌ترین تغییرات رنگ مربوط به تیمار 100٪ سوکرالوز - مالتودکسترین می‌باشد. نتایج به‌دست آمده نشان‌دهنده آن است که با جایگزین کردن ساکارز به‌وسیله سوکرالوز - مالتودکسترین، رنگ تیمارها به‌طور معنی‌داری روشن‌تر می‌شود. دلیل روشن‌تر شدن رنگ تیمارهای قطاب با توجه به میزان بسیار کم سوکرالوز به مالتو دکسترین نسبت داده می‌شود؛ مالتودکسترین پلی ساکارید سنگین مولوکولی دارای گروه‌های احیاکننده بیرونی کمی است، در نتیجه واکنش‌های قهوه‌ای شدن، کاراملیزاسیون و میلارد به‌صورت ناچیز رخ می‌دهند. مالتودکسترین در کاهش واکنش میلارد نیز نقش دارد [7]، زیرا با کاهش فعالیت آبی،

سوکرالوز - مالتودکسترین میزان سختی بافت تیمارها به‌طور معنی‌داری کاهش یافته است، به‌طوری که بیش‌ترین سختی مربوط به تیمار شاهد و کم‌ترین آن مربوط به تیمار 100٪ سوکرالوز - مالتودکسترین می‌باشد ( $p \leq 0/05$ ). همان‌طور که در شکل 1 نشان داده شده است، دوره انبارداری شیرینی سنتی قطاب، به‌طور معنی‌داری موجب افزایش شدت سختی قطاب می‌شود. این روند با افزایش میزان جایگزینی کاهش یافته، به‌طوری که تیمارهای 75 و 100٪ سوکرالوز - مالتودکسترین دارای کم‌ترین سختی پس از 30 روز نگهداری می‌باشند. در پژوهش‌های متعددی کاهش سختی بافت در اثر جایگزینی ساکارز به‌وسیله شیرین‌کننده‌های مختلف بر روی محصولات غله‌ای گزارش شده است. در سال 2012، مارتینز و همکارانش در بررسی جایگزینی ساکارز به‌وسیله مخلوط سوکرالوز - پلی‌دکستروز بر روی مافین به نتایج مشابه دست یافتند [10]؛ هم‌چنین در سال 2008، لی<sup>1</sup> و همکارانش در جایگزینی ساکارز به‌وسیله سیروپ ایزومالتوالیگوساکارید روی کیک اسفنجی به این نتیجه رسیدند که با افزایش میزان جایگزینی سختی بافت کاهش می‌یابد [15]. در سال 2010 نتایج حاصل از پژوهش پیغمبردوست و همکاران در جایگزینی ساکارز به‌وسیله سوربیتول و الیگوفروکتوز بر روی کیک اسفنجی در طول دوره انبارداری نشان داد که تمامی تیمارهای رژیمی در طول دوره انبارداری دارای بافت نرم‌تری نسبت به نمونه شاهد می‌باشند [16]. با توجه به میزان بسیار کم سوکرالوز، علت کاهش سختی در تیمارهای رژیمی مربوط به مالتودکسترین می‌باشد. در حقیقت مالتودکسترین پلی‌ساکارید سنگین مولوکولی است که از آمیلوز و آمیلوپکتین تشکیل شده است و در آن میزان آمیلوپکتین نسبت به آمیلوز بیش‌تر است و جذب آب از خواص آمیلوپکتین می‌باشد. با توجه به این نکته، می‌توان ادعا داشت که با افزایش میزان جایگزینی ساکارز به‌وسیله سوکرالوز - مالتودکسترین، میزان جذب آب در شیرینی سنتی قطاب افزایش و سختی در تیمارهای رژیمی کاهش یافته است. در طول دوره انبارداری با توجه به آزاد شدن آب و به تعادل رسیدن رطوبت تیمارها با محیط تمامی نمونه‌ها نسبت به روز اول سخت‌تر شده‌اند. با توجه به

جدول (2) بررسی اثر جایگزینی ساکارز با سوکرالوز - مالتودکسترین بر خصوصیات رنگی تیمارهای قطاب

تیمارها	L*	a*	b*	ΔE	BI
نمونه شاهد	63/46±1/23 <sup>a</sup>	-3/39±0/95 <sup>a</sup>	62/38±4/64 <sup>a</sup>	-	197/88±24/75 <sup>a</sup>
25٪ سوکرالوز - مالتودکسترین	77/91±0/55 <sup>a</sup>	-5/66±0/77 <sup>b</sup>	51/51±3/68 <sup>b</sup>	17/52±4/68 <sup>a</sup>	109/29±16/09 <sup>b</sup>
50٪ سوکرالوز - مالتودکسترین	74/17±0/74 <sup>b</sup>	-5/94±0/35 <sup>b</sup>	50/06±1/70 <sup>b</sup>	17/01±2/63 <sup>a</sup>	95/88±5/85 <sup>b</sup>
75٪ سوکرالوز - مالتودکسترین	74/87±3/30 <sup>b</sup>	-9/30±1/63 <sup>c</sup>	41/25±5/05 <sup>c</sup>	25/49±5/92 <sup>b</sup>	65/46±12/39 <sup>c</sup>
100٪ سوکرالوز - مالتودکسترین	40/71±6/82 <sup>b</sup>	-10/84±2/75 <sup>c</sup>	40/71±6/82 <sup>c</sup>	26/47±6/76 <sup>b</sup>	62/48±14/94 <sup>c</sup>

در جدول، اعدادی که حداقل یک حرف مشترک در هر ستون دارند، فاقد تفاوت آماری در سطح 95٪ می‌باشند.

بر روی محصولات مختلف در بررسی‌های فراوانی گزارش شده‌است. پیغمبردوست و همکاران در جایگزینی ساکارز به‌وسیله غلظت‌های مختلف اریتریتول و الیگوفروکتوز در کیک اسفنجی در سال 2011 به نتایج مشابه دست یافتند [18]. در پژوهش مشابه دیگر پیغمبردوست و همکاران به این نتیجه رسیدند که جایگزینی ساکارز به‌وسیله سوربیتول و اریتریتول در کیک باعث روشن‌تر شدن پوسته کیک نسبت به تیمار شاهد می‌شود [16]. در حالی که نتایج حاصل از تحقیقات لرتروپ<sup>1</sup> و همکارانش در سال 2012 نشان داد که جایگزینی ساکارز با مخلوط اریتریتول و ربادیوزید A در کیک اختلاف معنی‌داری را در رنگ تیمارهای رژیمی نسبت به نمونه شاهد ایجاد نمی‌کند [19].

### 3-3 بررسی میزان کالری

همان‌طور که در شکل 2 مشخص است با افزایش میزان جایگزینی ساکارز به‌وسیله مخلوط سوکرالوز - مالتودکسترین، میزان کالری به‌طور معنی‌داری کاهش پیدا کرده است، به‌طوری که میزان کالری برای تیمار 25٪، 50٪، 75٪ و 100٪ به ترتیب به میزان 1/39، 2، 5/42 و 7/76٪ کاهش پیدا کرده‌است. با توجه به میزان کم ساکارز در فرمولاسیون این محصول، جایگزینی ساکارز موجب کاهش کم‌تر کالری نسبت به محصولات مشابه همانند کلوچه شده‌است. برملت<sup>2</sup>

درصد ماده خشک افزایش یافته و در نتیجه واکنش مایلارد کاهش پیدا می‌کند، در حقیقت سرعت کاهش قهوه‌ای شدن با مکانیسم بی‌حرکت بودن شرکت‌کنندگان در میزان رطوبت کم مرتبط است؛ با توجه به این که نمونه شاهد دارای ساکارز می‌باشد و در اثر حرارت ساکارز به گلوکوز و فروکتوز تبدیل می‌شود و از آن‌جا که این قندها (مونوساکاریدها) در فرایند مایلارد و کاراملیزاسیون شرکت می‌کنند، نمونه شاهد دارای اندیس قهوه‌ای شدن بالاتری نسبت به تیمارهای دیگر می‌باشد [6]. از طرفی با افزایش میزان حرارت، ساکارز تبدیل به قندهای انهدرو از جمله گلوکوزان و لولوزان می‌شود که این قندها باعث به‌وجود آمدن قندهای برگشت یافته و در نهایت باعث به‌وجود آمدن هیدروکسی متیل فورفورال و ایجاد ترکیبات موثر در رنگ می‌شوند. نکته دیگر آن که در اثر کاهش آب و افزایش دما ترکیباتی از جمله کاراملان، کاراملین و کاراملین به‌وجود می‌آیند که این ترکیبات نیز در ایجاد رنگ نقش موثری دارند. نتایج پژوهش ساویتا و همکاران در سال 2009 بر روی بیسکویت نشان‌دهنده روشن‌تر شدن سطح پوسته با افزایش میزان جایگزینی ساکارز به‌وسیله مخلوط سوکرالوز - مالتودکسترین می‌باشد [4]. هم‌چنین نتایج پژوهش لی و همکاران در سال 2005 نشان داد که با جایگزینی ساکارز به‌وسیله مخلوط سوکرالوز - دکسترین در مقادیر 60 و 80 درصد، رنگ پوسته کیک روشن‌تر می‌گردد [11]. کاهش اندیس قهوه‌ای شدن در اثر جایگزینی ساکارز با شیرین‌کننده‌های رژیمی

1. Lorthrop

2. Bramlett

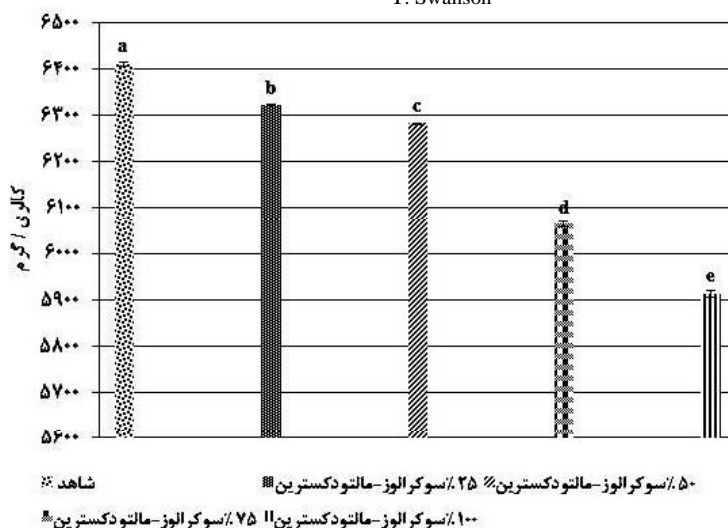
همکارانش در سال 2009 به جایگزینی ساکارز با سوکرالوز و مخلوطی از مالتودکسترین و ایزومالتوز در کلوجه پرداختند و نشان دادند که در سطح 36٪ جایگزینی میزان کالری به اندازه 5 تا 8٪ کاهش می‌یابد [20]. در پژوهشی مشابه اسوانسون<sup>1</sup> و همکاران در سال 2009 نشان دادند که با جایگزینی ساکارز به وسیله سوکرالوز و مخلوطی از ایزومالتوز - مالتودکسترین در کلوجه تهیه شده از یولاف در سطح 35٪ جایگزینی میزان کالری به اندازه 5 تا 8٪ کاهش می‌یابد [21]. چون سوکرالوز مانند شکر یا کربوهیدرات‌ها در بدن استفاده نمی‌شود تأثیری بر جذب ندارد؛ همچنین سوکرالوز افزایشی در سطح گلوکز و انسولین خون نشان نداده است. مطالعات نشان می‌دهند سوکرالوز تأثیری روی سطح گلوکز خون در کوتاه یا بلند مدت در مقایسه با سطح گلوکز نرمال در خون یا در مقایسه با این سطح در دیابت 1 یا نوع 2 را ندارد [22]. میزان کالری ساکارز و مالتودکسترین به یک اندازه و برابر 4 کیلوکالری به ازای یک گرم می‌باشد [23]. ممکن است دلیل کاهش میزان کالری، به دلیل کم‌تر بودن میزان جذب مالتودکسترین نسبت به ساکارز به دلیل پلیمری و سنگین بودن مولکول‌های آن می‌باشد.

3-4- بررسی ارزیابی حسی

نتایج ارزیابی ویژگی‌های حسی توسط ارزیابان تخصص یافته در جدول 3 نشان داده شده است. وجود مخلوط سوکرالوز -

مالتودکسترین در شیرینی سنتی قطاب پس طعم معنی‌داری را ایجاد نمی‌کند. بافت در نمونه‌های حاوی مخلوط سوکرالوز- مالتودکسترین تفاوت معنی‌داری با نمونه شاهد ندارد، مگر نمونه‌های 75 و 100٪ سوکرالوز - مالتودکسترین که به‌طور معنی‌داری توسط ارزیابان نرم‌تر از دیگر تیمارها ارزیابی شدند. با افزایش میزان جایگزینی در سطوح 75 و 100٪ میزان شیرینی به‌طور معنی‌داری کاهش یافته است، در حالی که بین تیمارهای 25 و 50٪ با نمونه شاهد اختلاف معنی‌داری وجود ندارد. مطلوبیت کلی تیمارهای حاوی مخلوط سوکرالوز- مالتودکسترین در سطوح 75 و 100٪ به‌طور معنی‌داری کم‌تر از نمونه شاهد می‌باشد. مهم‌ترین دلیل کاهش مطلوبیت کلی را می‌توان به عدم تنظیم شیرینی محصول نسبت داد. در تحقیقات گذشته کاهش مطلوبیت کلی از نظر ارزیابان در اثر جایگزینی ساکارز با شیرین‌کننده‌های رژیمی مختلف گزارش شده است. نتایج تحقیقات لی و همکاران در سال 2005، در جایگزینی ساکارز به وسیله مخلوط سوکرالوز - دکسترین نشان داد که جایگزینی ساکارز تا سطح 50٪، بین نمونه شاهد و تیمارهای رژیمی از نظر ارزیابان اختلاف معنی‌داری را ایجاد نمی‌کند ولی در سطوح 60 و 80٪ از میزان مطلوبیت کلی به‌طور معنی‌داری کاسته شده که تأییدکننده نتایج فوق می‌باشد [11]. نتایج تحقیقات مارتینز و همکاران در سال 2012 [10]، و همچنین پیغمبردوست و همکاران در سال 2011 [18] تأییدکننده نتایج فوق می‌باشد.

I. Swanson



شکل (2) بررسی اثر جایگزینی ساکارز با مخلوط سوکرالوز - مالتودکسترین بر میزان کالری تیمارهای قطاب (اعدادی که حداقل یک حرف مشترک دارند، فاقد تفاوت آماری در سطح 95٪ می‌باشند).



جدول (3) بررسی اثر جایگزینی ساکارز با مخلوط سوکرالوز - مالتودکسترین بر خصوصیات حسی قطاب

تیماها	میزان شیرینی	پس طعم	بافت	مطلوبیت کلی
نمونه شاهد	3±0 <sup>a</sup>	1±0 <sup>a</sup>	3/5±0/5 <sup>a</sup>	6/5±0/5 <sup>a</sup>
25٪ سوکرالوز - مالتودکسترین	3±0 <sup>a</sup>	1±0 <sup>a</sup>	3/3±0/5 <sup>a</sup>	6/6±0/5 <sup>a</sup>
50٪ سوکرالوز - مالتودکسترین	3±0 <sup>b</sup>	1±0 <sup>a</sup>	3±0/8 <sup>a</sup>	6/3±0/5 <sup>a</sup>
75٪ سوکرالوز - مالتودکسترین	2/5±0/5 <sup>b</sup>	1±0 <sup>a</sup>	3±0/8 <sup>ab</sup>	5/3±0/5 <sup>b</sup>
100٪ سوکرالوز - مالتودکسترین	2±0 <sup>c</sup>	1±0 <sup>a</sup>	2/5±0/5 <sup>b</sup>	5/3±0/5 <sup>b</sup>

در جدول، اعدادی که حداقل یک حرف مشترک در هر ستون دارند، فاقد تفاوت آماری در سطح 95٪ می‌باشند.

#### 4- نتیجه گیری

به دلیل عدم تنظیم میزان شیرینی در سطوح 75 و 100٪ از مطلوبیت نمونه‌ها کاسته شده است. نکته حائز اهمیت آن که با جایگزینی ساکارز به وسیله مخلوط سوکرالوز - مالتودکسترین، از سختی بافت نمونه‌ها کاسته می‌شود که امری مطلوب در تولید این نوع محصول است.

با توجه به ارزیابی‌های انجام شده، تولید شیرینی سنتی قطاب رژیمی با استفاده از مخلوط سوکرالوز - مالتودکسترین امکان پذیر می‌باشد. جایگزینی شکر توسط مخلوط سوکرالوز - مالتودکسترین تا سطح 50٪ کاملاً مطلوب بوده ولی با افزایش میزان جایگزینی

#### منابع

- [1] فرخزاد، ح.، باقری، ع. (1383) چاقی و عوامل خطر ساز قلبی عروقی همراه با آن در کودکان ایرانی. مجله دیابت و لیپدایران، دوره 2، ص 175-183.
- [2] Chapello, W. J. (1998). The use of sucralose in baked goods and mixes. *Am Assoc Cereal Chem.*, 716-717.
- [3] Ademir, B. R., Lucas, S. R., Beinaldo, A. (2009). Toxicity of sucralose in humans: A Reriw. *Int. J. Morphol.*, 2, 239-244.
- [4] Savitha, Y.S., Indrani, D., prakash, J. (2008). effet of sugar with sucralose and maltodextrin on rheological charateistics of wheat flour dough and quality of soft dough and quality of soft dough biscuit. *J. Texture Stud.*, 39, 605-616.
- [5] فاطمی، ح. (1387) شیمی مواد غذایی. شرکت سهامی انتشار، ص 449-450.
- [6] کرامت، ج. (1387) مبانی شیمی مواد غذایی. مرکز نشر دانشگاه صنعتی اصفهان، ص 189-390.
- [7] صادقی، ع.، شهیدی، ف.، مرتضوی، ع.، محلاتی، م.، بهشتی، ح. (1387) بهینه سازی فرایند تولید مالتودکسترین با استفاده از آنزیم آلفا آمیلاز Termamylz-x. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، 12(43)، ص 373-382.
- [8] Chronakis, I. S. (1998). On the molecular characteristics, compositional properties, and structural-functional mechanisms of maltodextrins: a review., *Crit Rev Food Sci Nutr.*, 38, 599-637.
- [9] Docik-Baucal, L., Dokic, P., Jakovljevic, J. (2004). Influence of different maltodextrins on properties of O/W emulsions. *Food Hydrocoll.*, 18, 233-239.
- [10] Martinez, S., Sanz, A., Salvador, S. (2012). Rheological textural and sensorial. Properties of low sucrose muffins reformulated with sucralose poly

Colorado state university.

[20] Bramlett, A., Harrison, J., McKemie, R., Swanson, R. (2012). Functionality of Sucralose/ maltodextrin:isomalt Blends in Reduced-in-Sugar Chocolate Chip Cookies: Quality Characteristics and Consumer Acceptability. *J. Acad Nutr Diet.*, 112, 58-63.

[21] Swanson, R. B., Mckemite, R., Savage, E., Zhuang, H. (2009). Functionality of Sucralose/Maltodextrin: Isomalt Blends in Oatmeal Cookies. *J. Am Diet Assoc.*, 109, A70.

[22] American dietetic Association, Fact a bout sucralose, 2006. <http://www.sucralose.org>. Accessed 4.4.2012.

[23] فرزانه مهر، حنا، عباسی، س.؛ سحر، م. (1387) ارزیابی تأثیر جایگزین‌های قند روی برخی ویژگی‌های فیزیکی - شیمیایی، رئولوژیکی و حسی شکلات شیری، مجله علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران، (3)، ص 65-82.

dextrose. *J. Food Sci Tech.*, 45, 213-220.

[11] Lin, S.D., Lee, C. (2005). Quality of chiffon cake prepared with in didigestible dextrin and sucralose are replacement for surse . *J. Cereal Chem.*, 82, 405-413.

[12] موسسه استاندارد و تحقیقات ملی ایران، 1374. تقسیم بندی علمی، صنعتی، فراورده‌های شیرینی و قنادی. شماره چاپ اول. 3629

[13] Saricoban, C. & Yilmaz, M. T. (2010).Modelling the effects of processing factors on the changes in colour parameters of cooked meatballs using response surface methodology. *World Appl Sci J.*, 9, 14-22.

[14] Bourne, M. (2002). *Food texture and viscosity: concept and measurement*, Academi Press, pp 102-112.

[15] Lee, C.-C., Wang, H. F., Lin, S. D. (2008). Effect of isomalttooligosaccharide syrup on quality characteristics of sponge cake. *Cereal chem.*, 85, 515-521.

[16] نوری، ا.؛ پیغمبردوست، س.؛ حصاری، ج.؛ آزاد مرد دمیرچی، ص.؛ رأفت، ع. (1390) ، تأثیر غلظت‌های مختلف سوربیتول و الیگوفروکتوز به‌عنوان جایگزینی ساکارز بر خواص فیزیکی - شیمیایی کیک اسفنج کم‌کالری، پژوهش‌های علوم و صنایع غذایی ایران، 7(3)، ص 243-249.

[17] تنوری، ط.؛ قویدل، ر.؛ قیافه داوودی، م.؛ شیخ‌الاسلامی، ز.؛ عباسی، م. (1390) تأثیر پوشش‌های خوراکی ایزوله پروتئین سویا، کنسانتره پروتئین آب پنیر، کاراگینان و آلژینات در افزایش ماندگاری سیب درختی. همایش ملی صنایع غذایی قوچان .

[18] نوری، ا.؛ پیغمبردوست، س.؛ غفاری، ع. (1390) تولید کیک کم‌کالری به‌وسیله جایگزینی ساکارز با اریتریتول و الیگو فروکتوز، مجله علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران، 7(1)، ص 85-92.

[19] Lothrop, R. S., Avens, j., Hyatt, D. Miller, J. (2012). Phisicochemical and sensory quality of chiffon cake prepared with rebaudioside A and erithritol as replacement for sucrose . *In partial fulfillment of the requirements for the degree of doctor of philosophy*, Department of food science and human nutrition,